[5] Y. Koyatsu *et al.,* Vacuum **47**, 709 (1996).
[6] F. Watanabe *et al.,* J. Vac. Sci. Technol. **A13**, 140 (1995).
[7] S. Inayoshi *et al.,* J. Vac. Soc. Jpn. **41**, 574 (1998).
[8] M. Suemitsu *et al.,* J. Vac. Sci. Technol. **A5**, 37 (1986).
[9] J. Blears *et al.,* Adv. Vac. Sci. Technol., ed. E. Thomas (Pergamon, 1960) Vol. 2, P. 473.
[10] A. Schram, Le Vide **103**, 55 (1963).
[11] W. Beckmann, Vacuum **13**, 349 (1963).
[12] A. Okamoto *et al.,* Plasma Fusion Res. **3**, 059 (2008).
[13] A. Okamoto *et al.,* Plasma Fusion Res. **7**, 2401018 (2012).
[14] T. Zama *et al.,* Jpn. J. Appl. Phys. **32**, L349 (1993).
[15] http:// www.swagelok.com/

コラム１　“小リークと見て侮る勿れ”

真空を扱ったことのある人が「真空に関する苦労や失敗で一番に挙げられるものは？」と尋ねられて真っ先に思い浮かぶのが，真空リークに関することではないでしょうか．ここでは私が核融合科学研究所のLHDにおいて実際に見てきた真空リーク例を紹介します．

真空リークと一言で言ってもそのリーク量は大小さまざまです．超高真空状態でみつかる微小リークもあれば，粗引きポンプを使っても排気できないようなものまであります．大きなリークで代表的なものは，フランジ締めのケアレスミスです．例えば，片側がタップ付きフランジでボルト穴が貫通していない場合，使用するボルトの首下長さが長過ぎてボルトの先端がボルト穴の一番底に当たってしまい，フランジを完全に締めることができなかったケースがあります．用意してきたボルトの１，２本が５mm長いだけで大きなリークとなってしまいますので，全てのボルトの確認が必要です．

フランジ締めの基礎を過信したために発生してしまったリークがあります．あるメーカーの窓フランジは，フランジのボルト締めを行う際に，対角線上での締め付け順序で行うのではなく，円周方向での締め付け順序で行うことを求めています．これは，窓材の曲げ強度が小さいため，対角線上での締め付け順序で行ってフランジを反らせると，リークや窓割れが発生するからです．このことは窓の取扱説明書にも書かれているのですが，それを読まずに対角線上での締め付け順序でボルト締めを行ってしまったため，同一メーカーの窓において数件リークを発生させてしまったことがあります．先ほど述べたボルトが長すぎるために発生したリークでは，放電容器を大気開放せずに数本のボルトを交換することで，真空排気を継続することができたのですが，この窓リークの場合は放電容器を大気開放せざるを得ませんでした．

放電容器内にダストが発生する実験装置では，バルブのシートリークも無視できないリーク要因です．これはダストがバルブシートＯリングに乗ってしまうことで発生するリークです．放電容器と計測・加熱機器の間のゲートバルブにおいて発生してしまったことがあります．この場合，機器側を真空に保っておけば放電容器内に影響を及ぼすことはないのですが，機器側を大気開放することができません．バルブを二重にする，ダストが溜まりやすい容器下側のバルブのメンテナンスを強化するなどの対策で回避することになりますが，重要なのはこういうリークも起こり得ると知っておくことです．状況によっては外からのヘリウムリーク試験でわからないこともあり，リーク箇所の特定に時間がかかってしまうこともあり得るからです．

LHDでは，リーク試験のために平均して２週間程度時間を取っています．最初の５日間で大きなリークを探した後，週末にベーキングをして圧力を下げ，次の５日間で詳細なリーク試験を行うというものです．これまでで最も苦労したのは，ヘリウムをかけてからリーク反応を確認するまでに２時間以上かかるリークでした．リークのあった装置は細長いプローブ型の装置で，先端が窓になっており，この窓のロウ付け部分でリークが発生していました．大気側でヘリウムをかける場所からこの窓まで５mほどあり，しかもヘリウムの通り道には光ファイバ等が設置してあったため，ヘリウムがリーク箇所まで到達するのに時間がかかる構造となっていました．このリーク箇所を特定するのに約１か月かかりました．

以上３つの真空リーク例とLHDリーク試験の苦労話を紹介させていただきました．このコラムが皆さまのリーク対策の一助になっていただけたら幸いと思います．

（鈴木直之　核融合科学研究所技術部）